

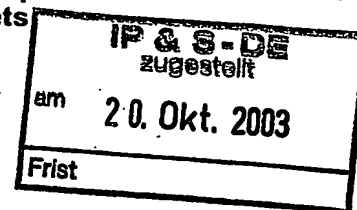
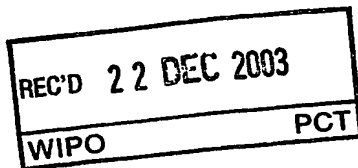


Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

11.12.03



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02102777.6

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:  
Application no.: 02102777.6  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 17.12.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Corporate Intellectual Property GmbH  
Habsburgerallee 11  
52064 Aachen  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Nichtreziprokes Schaltungselement

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H01P/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK

BESCHREIBUNG**Nichtreziprokes Schaltungselement**

Die Erfindung betrifft ein nichtreziprokes Schaltungselement mit einer Mehrzahl von elektrisch voneinander isolierten, streifenförmigen Leiterelementen, die in einen

5 mehrschichtig aufgebauten Innenkörper aus ferrimagnetischem Material eingebettet und dabei in übereinander liegenden Leiterebenen derart angeordnet sind, dass sich die Leiterelemente in wenigstens einem Kreuzungsbereich überkreuzen.

Bei solchen nichtreziproken Schaltungselementen handelt es sich beispielsweise um

10 Zirkulatoren oder Isolatoren. Diese werden unter anderem in Mobilfunkgeräten eingesetzt, wo sie zwischen den Ausgang des Sendeverstärkers und die Antenne geschaltet werden. Durch das nichtreziproke Schaltungselement soll der Ausgang des Sendeverstärkers vor an der Antenne reflektierten Hochfrequenzsignalen geschützt werden. Bei Fehlanpassung der Antenne des Mobilfunkgeräts wird ein Teil der vom

15 Sendeverstärker abgegebenen Hochfrequenzsignale reflektiert, so dass der Ausgang des Sendeverstärkers mit Hochfrequenzsignalen erheblicher Leistung belastet wird. Fehlanpassungen der Antenne treten bei üblichen Mobiltelefonen praktisch ständig auf, da die Impedanz der eingesetzten Schmalbandantennen stark von Umgebungseinflüssen abhängt. Die auf den Sendeverstärker zurückgeworfene Hochfrequenzleistung bewirkt

20 nachteiligerweise Verzerrungen der von dem Mobiltelefon abgestrahlten Signale. Derartige Signalverzerrungen sind insbesondere bei Mobilfunkgeräten der sogenannten dritten Generation unerwünscht, da für das fehlerfreie Funktionieren der bei diesen Geräten zum Einsatz kommenden Modulations- und Demodulationstechniken eine

25 ~~ist~~

Ein nichtreziprokes Schaltungselement der eingangs genannten Art ist beispielsweise aus der EP 0 618 636 B1 bekannt. Diese Druckschrift betrifft einen Zirkulator, bei

welchem die voneinander elektrisch isolierten streifenförmigen Leiterelemente in einen Innenkörper aus weichmagnetischem Ferrit eingebettet sind. Der Innenkörper besteht aus mehreren übereinander angeordneten Schichten aus YIG (engl. „yttrium iron garnet“), welche bei der Herstellung des vorbekannten Zirkulators zusammengesintert werden. Damit der für die Funktion des Zirkulators erforderliche gyromagnetische Effekt eintritt, muss das weichmagnetische Material des Innenkörpers bei dem vorbekannten Zirkulator durch zwei Permanentmagnete magnetisiert werden, welche oberhalb und unterhalb des Innenkörpers angeordnet sind. Die gesamte Anordnung ist von einem metallischen Gehäuse umschlossen, welches als Magnetjoch dient.

10

Nachteilig ist bei dem vorbekannten Zirkulator in erster Linie, dass dessen Herstellung mit hohen Produktionskosten verbunden ist. Der Grund hierfür ist vor allem, dass die Positionierung der Permanentmagnete an dem Innenkörper des vorbekannten Zirkulators und auch die Montage des als Magnetjoch dienenden Gehäuses höchst präzise mit geringsten mechanischen Toleranzen erfolgen muss. Durch die Positionierung der Permanentmagnete wird die Magnetisierung des Innenkörpers und damit dessen gyromagnetisches Verhalten empfindlich beeinflusst. Bereits geringe Toleranzen bei der Montage des vorbekannten Zirkulators wirken sich deshalb unter Umständen katastrophal auf dessen elektrische Eigenschaften aus. Dies kann dazu führen, dass bei der Fertigung ein nachträgliches Abstimmen und Justieren des Schaltungselements erforderlich ist, was zu einer weiteren Erhöhung der Produktionskosten führt. Nachteilig sind bei dem vorbekannten Schaltungselement ferner dessen vergleichsweise großen Abmessungen, die vor allem durch den großen Raumbedarf der Permanentmagnete bedingt sind.

25

Bei Mobilfunkgeräten der sogenannten dritten Generation ist der Einsatz von nichtreziproken Schaltungselementen aus den oben skizzierten Gründen unumgänglich. Aufgrund der im Mobilfunkbereich benötigten großen Stückzahl ist es wünschenswert, derartige Schaltungselemente zu möglichst geringen Kosten herstellen zu können. Da moderne Mobilfunkgeräte mit mehreren Übertragungsstandards (z.B. GSM, UMTS,

30

usw.) kompatibel sein müssen und da es hierfür erforderlich ist, eine große Zahl von separaten Schaltungselementen für die jeweiligen Frequenzbänder in einem Gerät zu integrieren, müssen die Abmessungen der einzelnen Schaltungselemente so gering wie möglich sein.

5

Dementsprechend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabenstellung zugrunde, ein weiterentwickeltes nichtreziprokes Schaltungselement bereitzustellen, welches besonders kleine Abmessungen hat und zu geringen Kosten herstellbar ist.

10 Diese Aufgabenstellung wird ausgehend von einem nichtreziproken Schaltungselement der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Innenkörper zumindest im Kreuzungsbereich der Leiterelemente aus hartmagnetischem Material besteht, welches in einer zu den Leiterebenen senkrechten Raumrichtung permanent magnetisiert ist.

15 Das gemäß der Erfindung zum Einsatz kommende hartmagnetische Material des Innenkörpers weist im Gegensatz zu den bei herkömmlichen nichtreziproken Schaltungselementen verwendeten, weichmagnetischen Materialien eine hohe Remanenzmagnetisierung auf, was dazu führt, dass der Innenkörper bei der Herstellung einmalig magnetisiert werden kann, so dass das fertige Schaltungselement vollständig  
20 ohne Permanentmagnete auskommt. Fertigungstoleranzen spielen praktisch keine Rolle, da das zur Magnetisierung auf das Schaltungselement einwirkende Magnetfeld so eingestellt werden kann, wie es der gewünschten Spezifikation des Schaltungselements entspricht.

25 Dadurch dass gemäß der Erfindung die Anbringung von Permanentmagneten an dem nichtreziproken Schaltungselement entbehrlich ist und dass dadurch mechanische Toleranzen bei der Montage des Schaltungselements praktisch keine Rolle spielen, wird gegenüber dem Stand der Technik eine erhebliche Reduzierung der Produktionskosten erreicht. Außerdem sind die räumlichen Abmessungen des erfindungsgemäßen  
30 Schaltungselements bedingt durch das Fehlen der Permanentmagnete gegenüber den aus

dem Stand der Technik bekannten Schaltungselementen deutlich reduziert. Es zeigt sich, dass das erfindungsgemäße Schaltungselement, dessen elektromagnetisch aktiver Innenkörper aus hartmagnetischem Material besteht, für Mobilfunkanwendungen der dritten Generation gut geeignet ist. Als Material für den Innenkörper kann  
5 beispielsweise Barium Hexaferrit in Frage kommen.

Eine sinnvolle Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass das nichtreziproke Schaltungselement eine obere und eine untere Außenschicht aus weichmagnetischem Material aufweist. Nach der Magnetisierung des Innenkörpers richtet sich die  
10 Magnetisierung in den Außenschichten derart aus, dass sich automatisch ein geschlossener Magnetfeldverlauf einstellt. Die weichmagnetischen Außenschichten fungieren gewissermaßen als Magnetjoch.

Besonders sinnvoll ist es, wenn die obere und/oder die untere Außenschicht von dem  
15 Innenkörper durch jeweils eine elektrisch leitende Trennschicht getrennt wird. Diese elektrisch leitende Trennschicht sollte zweckmäßigerweise geerdet sein. Dadurch wird erreicht, dass sich die elektromagnetischen Hochfrequenzsignale ausschließlich im hartmagnetischen Innenkörper des Schaltungselements ausbreiten und nicht etwa in die weichmagnetische Schicht eindringen. Dadurch werden Signalverluste verringert.

20  
Zweckmäßigerweise sollten sich die streifenförmigen Leiterelemente des erfindungsgemäßen nichtreziproken Schaltungselements paarweise unter einem Winkel von  $120^\circ$  überkreuzen. Mit drei demgemäß angeordneten Leiterelementen wird ein Zirkulator mit drei Anschlüssen realisiert.

25  
Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Schaltungselements ergibt sich dadurch, dass zwei voneinander räumlich getrennte Kreuzungsbereiche der Leiterelemente vorgesehen werden, wobei das hartmagnetische Material des Innenkörpers in den jeweiligen Kreuzungsbereichen gegensinnig magnetisiert ist. Auf  
30 diese Weise lässt sich besonders einfach ein Zirkulator mit vier Anschlüssen realisieren,

der aus zwei Zirkulatoren mit drei Anschlüssen zusammengesetzt ist, wobei eines der Leiterelemente gleichzeitig den Ausgang des einen und den Eingang des anderen Zirkulators bildet. Wenn das Schaltungselement gemäß der Erfindung dreischichtig aufgebaut ist, wobei der hartmagnetische Innenkörper von einer oberen und einer unteren Außenschicht aus weichmagnetischem Material umschlossen wird, führt die gegenseitige Magnetisierung des Innenkörpers vorteilhafterweise dazu, dass sich gewissermaßen selbsttätig ein geschlossener Verlauf der Feldlinien innerhalb des Bauelements einstellt. Etwa als Magnetjoch dienende metallische Gehäuseteile sind bei dem demgemäß ausgebildeten Schaltungselement nicht erforderlich, was wiederum zu niedrigen Produktionskosten und zu einer Reduzierung der Abmessungen des Schaltungselements führt.

Nichtreziproke Schaltungselemente gemäß der Erfindung können vorteilhafterweise aus Keramiksubstraten in herkömmlicher Mehrlagentechnologie hergestellt werden. In Frage kommen gleichermaßen HTCC- wie auch LTCC-Technologien (engl. „high/low temperature co-fired ceramic“). Derartige Herstellungsverfahren beginnen üblicherweise mit dem Zuschneiden von „grünen“ Folien aus ungebranntem Keramiksubstrat. In diesen Folien werden sodann Durchkontaktierungsöffnungen erzeugt, die mit elektrisch leitender Leiterbahnpaste aufgefüllt werden. Danach werden die bei dem nichtreziproken Schaltungselement benötigten streifenförmigen Leiterelemente auf die Folien aufgedruckt, was beispielsweise mittels Siebdruck oder Schablonendruck erfolgen kann. Nachdem die Folien getrocknet sind, werden diese zu einem Folienstapel gestapelt, welcher dann gepresst und anschließend in einem Ofen gesintert wird. Bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen nichtreziproken Schaltungselements weist der Folienstapel eine Mehrzahl von Innenfolien aus hartmagnetischem Material sowie wenigstens eine obere und wenigstens eine untere Außenfolie aus weichmagnetischem Material auf, wobei die streifenförmigen Leiterelemente auf die Innenfolien derart aufgedruckt werden, dass sich die im Folienstapel übereinander liegenden Leiterelemente in wenigstens einem Kreuzungsbereich überkreuzen. Elektrisch leitende Trennschichten zwischen den

Außenfolien und den Innenfolien können erzeugt werden, indem die entsprechenden Außen- bzw. Innenfolien ganzflächig metallisiert werden. In einem abschließenden Verfahrensschritt erfolgt bei der Herstellung des erfindungsgemäßen nichtreziproken Schaltungselements eine Magnetisierung des gesinterten Folienstapels in einer zu den  
5 Folienebenen senkrechten Richtung. Dadurch wird das hartmagnetische Material des Innenkörpers entsprechend der Spezifikation des Schaltungselements permanent magnetisiert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren erläutert.  
10 Es zeigen:

Fig. 1: Explosionsdarstellung eines 4-Port-Zirkulators gemäß der Erfindung;

Fig. 2: Draufsicht auf den Zirkulator gemäß Figur 1;  
15

Fig. 3: Querschnittsdarstellung des Zirkulators.

Der in den Figuren dargestellte 4-Port-Zirkulator 1 weist eine Mehrzahl von elektrisch voneinander isolierten, streifenförmigen Leiterelementen 2 auf. Diese sind, wie in der  
20 Figur 3 zu erkennen ist, in einen Innenkörper 3 eingebettet, der gemäß der Erfindung aus hartmagnetischem Material, beispielsweise aus Barium Hexaferrit besteht. Dabei sind die Leiterelemente 2 in übereinander liegenden Leiterebenen angeordnet und überkreuzen sich in zwei Kreuzungsbereichen 4 und 5. Durch die Pfeile 6 in der Figur 3 ist angedeutet, dass das hartmagnetische Material des Innenkörpers 3 in einer zu den  
25 Leiterebenen senkrechten Raumrichtung permanent magnetisiert ist. Der dargestellte Zirkulator weist eine obere Außenschicht 7 und eine untere Außenschicht 8 aus weichmagnetischem Material auf. Hierbei kann es sich beispielsweise um YIG-Material (engl. „yttrium iron garnet“) handeln. Wie anhand der Symbole 9 in der Figur 2 sowie anhand der Pfeile 6 in der Figur 3 zu erkennen ist, ist das hartmagnetische Material des  
30 Innenkörpers 3 in den jeweiligen Kreuzungsbereichen 4 bzw. 5 gegensinnig



magnetisiert. Anhand der in der Figur 3 dargestellten Pfeile 10 wird verdeutlicht, dass die Magnetisierung in dem weichmagnetischen Material der oberen und der unteren Außenschichten derart ausgerichtet ist, dass es zu einem geschlossenen Feldverlauf kommt. Dabei weisen die magnetischen Feldlinien im Inneren des Zirkulators 1 einen geschlossenen Verlauf auf. Die gegensinnig magnetisierten Bereiche des Innenkörpers 3 sind in den Figuren 2 und 3 durch eine gestrichelte Linie 11 voneinander getrennt. Der in den Figuren dargestellte 4-Port-Zirkulator besteht im Prinzip aus zwei 3-Port-Zirkulatoren, die über das in der Figur 2 horizontal verlaufende Leiterelement 2 miteinander verbunden werden. Jedem der beiden 3-Port-Zirkulatoren ist jeweils ein Kreuzungsbereich 4 bzw. 5 zugeordnet. In der Figur 2 sind die vier Signalanschlüsse des Zirkulators mit der Bezugsziffer 12 bezeichnet. Anschlüsse 13 dienen der Erdung des Schaltungselements. Die Figur 3 zeigt zwei elektrisch leitende Schichten 14, durch welche die obere und die untere Außenschicht 7 bzw. 8 von dem Innenkörper 3 getrennt sind.

Anhand der Figur 1 wird der mehrschichtige Aufbau des erfindungsgemäßen Zirkulators deutlich. Der aus hartmagnetischem Material bestehende Innenkörper 3 ist aus insgesamt sieben Schichten zusammengesetzt. Die streifenförmigen Leiterelemente 2 sind dabei auf den drei mittleren Schichten derart angeordnet, dass die jeweiligen Leiterebenen übereinander zu liegen kommen. Dabei ergibt sich das Kreuzungsschema, das in der Figur 2 dargestellt ist. Die Leiterelemente 2 überkreuzen sich paarweise unter einem Winkel von  $120^\circ$ . Die obere Außenschicht 7 ist gemäß Figur 1 aus zwei Schichten aus weichmagnetischem Material zusammengesetzt. Ebenso besteht die untere Außenschicht 8 aus zwei weichmagnetischen Schichten, von denen die obere ganzflächig metallisiert ist, wodurch die elektrisch leitende Trennschicht 14 zur Trennung des Innenkörpers 3 von der unteren Außenschicht 8 entsteht. Des weiteren ist die oberste hartmagnetische Schicht des Innenkörpers 3 mit einer ganzflächigen Metallisierung versehen, wodurch eine zweite elektrisch leitende Trennschicht 14 zu Trennung des Innenkörpers 3 von der oberen Außenschicht 7 gebildet wird. Einige der in der Figur 1 dargestellten Schichten des Schaltungselements sind mit

Durchkontaktierungsöffnungen 15 zur Kontaktierung der Leiterelemente 2 versehen.

Die Figur 1 verdeutlicht den Aufbau des Folienstapels, zu welchem nach dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren die Folien aus ungebranntem „grünem“ Keramiksubstrat gestapelt werden, nachdem diese zugeschnitten, mit

- 5 Durchkontaktierungsöffnungen 15 versehen wurden und nachdem die streifenförmigen Leiterelemente 2, beispielsweise mittels Sieb- oder Schablonendruck, aufgedruckt wurden. Nach dem Stapeln der dargestellten Folien wird der Folienstapel gepresst und anschließend zu dem fertigen nichtreziproken Schaltungselement 1 versintert. Nach dem Sintervorgang erfolgt die Magnetisierung des Innenkörpers 3 gemäß dem in der
- 10 Figur 3 dargestellten Schema durch Anlegen entsprechender externer Magnetfelder. Nach Abschalten dieser Magnetfelder stellt sich in den weichmagnetischen Außenschichten 7 und 8 selbstständig die Magnetisierung ein, die durch die Pfeile 10 gemäß Figur 3 angedeutet ist.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Nichtreziprokes Schaltungselement mit einer Mehrzahl von elektrisch voneinander isolierten, streifenförmigen Leiterelementen (2), die in einen mehrschichtig aufgebauten Innenkörper (3) aus ferrimagnetischem Material eingebettet und dabei in übereinander liegenden Leiterebenen derart angeordnet sind, dass sich die Leiterelemente (2) in  
5 wenigstens einem Kreuzungsbereich (4, 5) überkreuzen,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Innenkörper (3) zumindest im Kreuzungsbereich (4, 5) der Leiterelemente (2) aus hartmagnetischem Material besteht, welches in einer zu den Leiterebenen senkrechten Raumrichtung permanent magnetisiert ist.
- 10 2. Nichtreziprokes Schaltungselement nach Anspruch 1,  
gekennzeichnet durch  
eine obere und eine untere Außenschicht (7, 8) aus weichmagnetischem Material.
- 15 3. Nichtreziprokes Schaltungselement nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die obere und/oder die untere Außenschicht (7, 8) von dem Innenkörper (3) durch jeweils eine elektrisch leitende Trennschicht (14) getrennt sind.
- 20 4. Nichtreziprokes Schaltungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich die Leiterelemente (2) paarweise unter einem Winkel von 120° überkreuzen.

5. Nichtreziprokes Schaltungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
gekennzeichnet durch

zwei voneinander räumlich getrennte Kreuzungsbereiche (4, 5) der Leiterelemente (2),  
wobei das hartmagnetische Material des Innenkörpers (3) in den jeweiligen

5 Kreuzungsbereichen (4, 5) gegensinnig magnetisiert ist.

6. Verfahren zur Herstellung eines nichtreziproken Schaltungselements (1), mit den  
Verfahrensschritten:

- a) Zuschneiden von Folien aus ungebranntem Keramiksubstrat,
- 10 b) Erzeugung von Durchkontaktierungsöffnungen (15) in den Folien,
- c) Auffüllen der Durchkontaktierungsöffnungen (15) mit  
Leiterbahnpaste,
- d) Aufdrucken von streifenförmigen Leiterelementen (2) auf die  
Folien,
- 15 e) Trocknen der Folien,
- f) Stapeln der Folien zu einem Folienstapel,
- g) Pressen des Folienstapels,
- h) Sintern des Folienstapels,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 dass der Folienstapel eine Mehrzahl von Innenfolien (3) aus hartmagnetischem Material  
sowie wenigstens eine obere und wenigstens eine untere Außenfolie (7) aus  
weichmagnetischem Material aufweist, wobei im Verfahrensschritt d) die  
streifenförmigen Leiterelemente (2) auf die Innenfolien (3) derart aufgedruckt werden,  
dass sich die im Folienstapel übereinander liegenden Leiterelemente (2) in wenigstens  
25 einem Kreuzungsbereich (4, 5) überkreuzen.

7. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass in dem Folienstapel die Außenfolien (7, 8) von den Innenfolien (3) durch jeweils eine elektrisch leitende Trennschicht (14) getrennt sind.

5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass der gesinterte Folienstapel in einem Verfahrensschritt i) in einer zu den Folien-ebenen senkrechten Richtung magnetisiert wird.

10

## ZUSAMMENFASSUNG

### Nichtreziprokes Schaltungselement

Die Erfindung betrifft ein Nichtreziprokes Schaltungselement (1) mit einer Mehrzahl von elektrisch voneinander isolierten, streifenförmigen Leiterelementen (2), die in einen  
5 mehrschichtig aufgebauten Innenkörper (3) aus ferrimagnetischem Material eingebettet und dabei in übereinander liegenden Leiterebenen derart angeordnet sind, dass sich die Leiterelemente (2) in wenigstens einem Kreuzungsbereich (4, 5) überkreuzen. Zur  
Bereitstellung eines derartigen Schaltungselements, welches besonders kostengünstig herstellbar ist und welches sich insbesondere für den Einsatz in Mobilfunkgeräten  
10 eignet, schlägt die Erfindung vor, dass der Innenkörper (3), zumindest im Kreuzungsbereich der Leiterelemente (2) aus hartmagnetischem Material besteht, welches in einer zu den Leiterebenen senkrechten Raumrichtung permanent magnetisiert ist.

15 Fig. 1

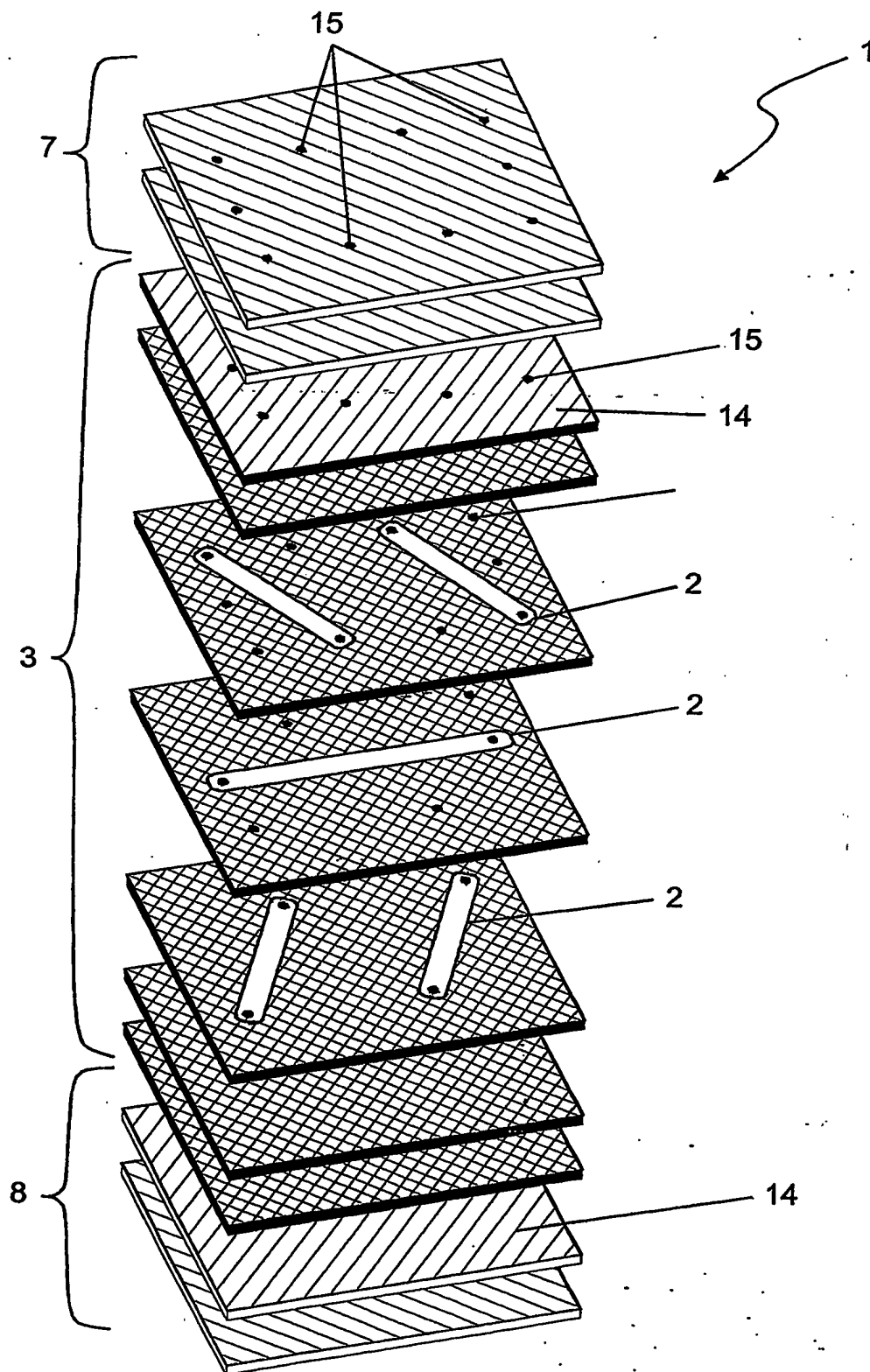


Fig. 1

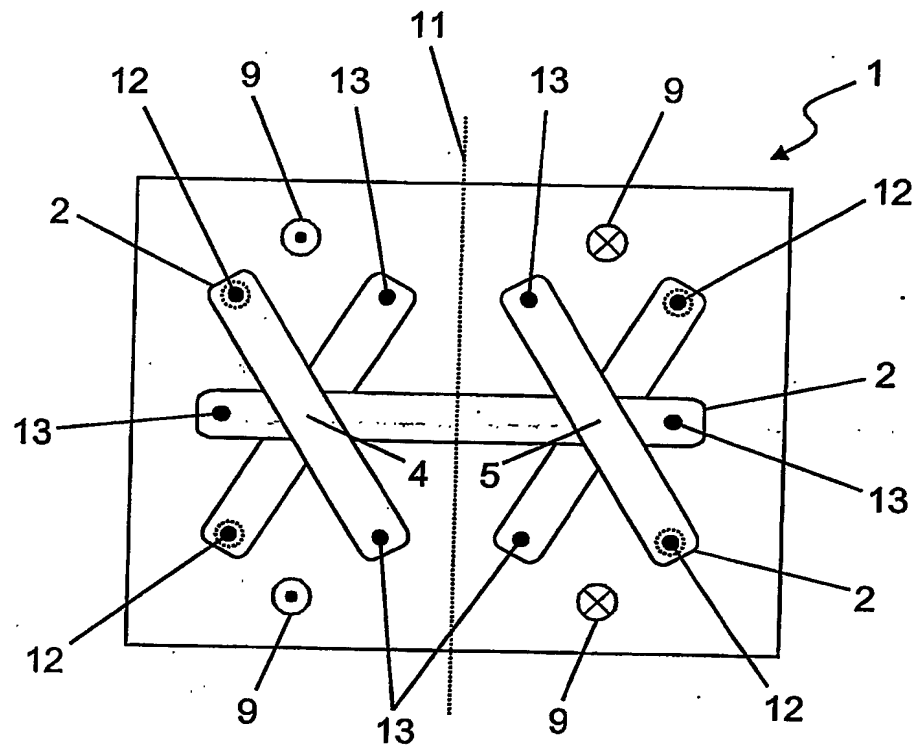


Fig. 2

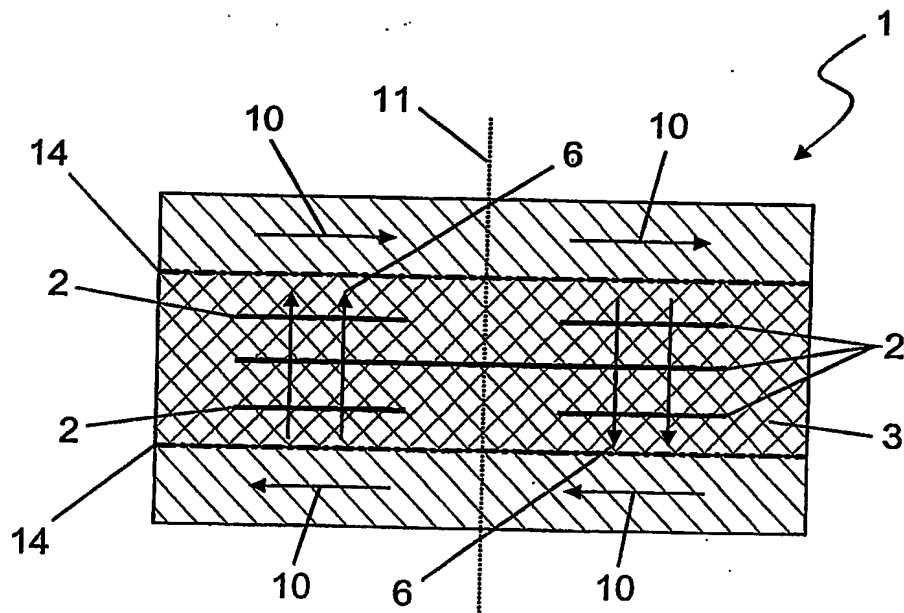


Fig. 3



PCT Application  
**IB0305765**

